

31353 U.S. PTO  
10/773015

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 19 JUIN 2002

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)



1. The first

2. The second

3. The third

4. The fourth

5. The fifth

6. The sixth



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260899

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE 06/08/2001 LIEU 99 N° D'ENREGISTREMENT 0110564 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 06-08-2001		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN Jacques BAUVIR SGD/LG/PI - F35 - LADOUX 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> P10-1378/JB/HS			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____			
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> Méthode de détermination de composantes d'efforts subis par un pneumatique et du couple d'auto-alignement.			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		Société de Technologie MICHELIN	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		4 . 1 . 4 . 6 . 2 . 4 . 3 . 7 . 9	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	23 rue Breschet	
	Code postal et ville	63000	CLERMONT-FERRAND
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1h. / 2..

REMISE DES PIÈCES	
DATE	06/08/2001
LIEU	99
N° D'ENREGISTREMENT	0110564
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	

Réservé à l'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 829 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		P10-1378/JB/HS	
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation	
		Date	____/____/____ N°
		Pays ou organisation	
		Date	____/____/____ N°
		Pays ou organisation	
		Date	____/____/____ N°
<b>5 DEMANDEUR</b>			
Nom ou dénomination sociale		MICHELIN Recherche et Technique S.A.	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		.....	
Code APE-NAF		.....	
Adresse	Rue	Route Louis Braille 10 et 12	
	Code postal et ville	1763	GRANGES-PACCOT
Pays		SUISSE	
Nationalité		Suisse	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
<b>5 DEMANDEUR</b>			
Nom ou dénomination sociale			
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN		.....	
Code APE-NAF		.....	
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Pays			
Nationalité			
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> <b>(Nom et qualité du signataire)</b> Pour MFPM - Mandataire 422-5/S.020 Jacques BAUVIR - Salarié MFPM		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE</b> <b>OU DE L'INPI</b>  <b>M. BLANCANEAUX</b>	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE 06/08/2001 LIEU 93 N° D'ENREGISTREMENT 0110564 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		P10-1378/JB/HS	
<b>6 MANDATAIRE</b>			
Nom			
Prénom			
Cabinet ou Société		Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 7107 et 7112	
Adresse	Rue	23, place des Carmes Déchaux	
	Code postal et ville	63040	CLERMONT-FERRAND CEDEX 09
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		04 73 10 73 68	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		04 73 10 86 96	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		1	
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Pour MFPM - Mandataire 422-S/S.020 Jacques BAUVIR - Salarié MFPM		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M. BLANCANEUX	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.



La présente invention concerne les véhicules et la mesure des efforts exercés par la chaussée sur les pneumatiques des véhicules.

5 La présente invention concerne aussi les divers dispositifs d'assistance électronique utilisés par exemple pour la régulation antiblocage des freins d'un véhicule ou la régulation anti-patinage des roues motrices, le contrôle de trajectoire d'un véhicule ou encore pour d'autres formes de contrôle ou de surveillance comme la pression des pneumatiques.

10

Afin de contrôler le comportement d'un véhicule, on a cherché à déterminer certains paramètres de roulage. Ainsi, pour réduire le glissement longitudinal des roues, on a développé des systèmes de limitation du glissement (A.B.S., A.S.R.) capables de moduler le couple transmis à la roue par le moteur ou le frein en fonction du glissement  
15 déduit des variations de vitesse de rotation de chaque roue. On a aussi proposé de mesurer la torsion (déformation angulaire circonférentielle) des flancs d'un pneumatique pour déterminer les variations du couple transmis à la chaussée. Cette mesure, plus directe qu'une déduction à partir de la variation de la vitesse de rotation, peut permettre une régulation plus fine des systèmes de limitation du glissement.

20

On connaît aussi des systèmes (comme l'E.S.P.) qui agissent sur les freins ou sur la puissance motrice appliquée aux roues pour assurer que la trajectoire souhaitée par le conducteur est bien suivie par le véhicule. Pour ce faire, on mesure généralement simultanément la vitesse de lacet (vitesse de rotation du véhicule autour d'un axe  
25 vertical), la vitesse de roulage, l'accélération transversale du véhicule et la position angulaire que le conducteur impose au volant.

L'invention part de l'observation que toutes les forces exercées par la chaussée sur le véhicule sont transmises par l'intermédiaire des roues. C'est le bilan de ces forces qui  
30 conditionne les accélérations subies par le véhicule. Ainsi, la détermination de l'ensemble de ces forces pourrait permettre de se passer des différents capteurs cités plus haut ou de les compléter pour fournir une information plus complète.

La méthode de l'invention est basée sur la constatation du fait que les efforts agissant entre la bande de roulement du pneumatique et la chaussée provoquent une déformation sensible et reproductible sous forme d'une extension ou contraction circonférentielle des flancs des pneumatiques. Cette déformation d'extension ou de contraction circonférentielle, si l'on parvient à la mesurer isolément lors de la rotation du pneumatique en temps réel, peut permettre de connaître à chaque instant le sens et l'intensité des efforts agissant sur le pneumatique ainsi que le signe et l'intensité du couple d'auto-alignement exercé par le pneumatique.

10

L'invention propose une méthode de détermination d'au moins une des caractéristiques choisies parmi les trois composantes d'une résultante d'efforts exercés par la chaussée sur l'aire de contact d'un pneumatique et le couple d'auto-alignement généré par le pneu, caractérisée en ce que ladite caractéristique est déduite d'au moins deux mesures d'extension ou de contraction circonférentielle dans au moins un flanc du pneumatique en deux points fixes dans l'espace, situés à des azimuts différents le long de la circonférence.

Sous un aspect intéressant, l'invention propose d'estimer la contraction ou l'extension circonférentielle des flancs par la mesure de la distance entre les fils de la nappe carcasse dans les flancs. On parlera dans la suite de la mesure de « l'écart entre les fils ». Notons que si cette dénomination est liée à la structure radiale d'un pneumatique la méthode ne s'applique pas uniquement aux pneumatiques à carcasse radiale. Ainsi, on parlera « d'écart fils » pour désigner la distance moyenne entre deux tracés réalisés sur le flanc à des azimuts voisins mais différents.

Notons que dans le cas où la mesure de l'extension circonférentielle des flancs est réalisée dans l'épaisseur des flancs à un endroit différent de leur fibre neutre en flexion, l'extension circonférentielle inclut une composante due à la flexion du flanc, notamment lors du passage dans l'aire de contact (Phénomène aussi appelé « ventre de lapin »). Cette composante due à la flexion n'est en aucun cas un problème et peut être mise à



- 3 -

profit pour augmenter la dynamique de variation des signaux utilisés par l'invention en réalisant la mesure d'extension ailleurs que sur la fibre neutre en flexion.

La suite de la description explique plus en détails l'invention à l'aide des figures jointes  
5 dans lesquelles :

- la figure 1 est une perspective d'un pneu sur lequel on définit des conventions utiles à l'intelligence de l'invention ;
- 10 • les figures 2a et 2b montrent l'effet de la composante verticale  $F_z$  :
  - où la courbe pleine correspond à une charge verticale de 400 daN,
  - où la courbe en pointillés correspond à une charge verticale de 500 daN,
  - où la courbe en trait mixte correspond à une charge verticale de 300 daN ;
- 15 • les figures 3a et 3b montrent l'effet de la composante  $F_x$  :
  - où la courbe pleine correspond à une charge verticale de 400 daN et une absence de force  $F_x$ ,
  - où la courbe en pointillés correspond à une charge verticale de 400 daN et une force  $F_x$  de 400 daN (Moteur),
  - 20 – où la courbe en trait mixte correspond à une charge verticale de 400 daN et une force  $F_x$  de - 400 daN (Freineur) ;
- les figures 4a et 4b montrent l'effet de la composante  $F_y$  :
  - où la courbe pleine correspond à une charge verticale de 400 daN sans effort  $F_y$ ,
  - 25 – où la courbe en pointillés correspond à une charge verticale de 400 daN avec un effort  $F_y$  de 280 daN ;
- la figure 5 montre l'architecture de réseau de neurones ;



- la figure 6 montre des exemples de fonction de transfert où les combinaisons linéaires en entrée sont facultatives. Il est possible d'utiliser un réseau à quatre sorties ou quatre réseaux à une sortie ou toute autre combinaison ;
- 5 • la figure 7 montre le signal temporel brut et filtré ;
- la figure 8 montre l'identification du passage dans l'aire de contact à partir du signal temporel ;
- 10 • la figure 9 montre un exemple de fonctionnement avec un capteur et un modèle ;
- la figure 10 montre un exemple de fonctionnement avec trois capteurs et un modèle ;
- la figure 11 montre un exemple de fonctionnement avec trois capteurs et deux modèles :
  - 15 — où les positions indiquées en traits pleins représentent les azimuts auxquels les mesures doivent être prises pour servir d'entrée au modèle 1,
  - où les positions indiquées en traits pointillés représentent les azimuts auxquels les mesures doivent être prises pour servir d'entrée au modèle 2,
  - 20 — où C1, C2 et C3 représentent les positions des capteurs sur le flanc d'un pneumatique.

La méthode décrite ici s'appuie sur le fait que chaque force appliquée au pneu dans l'aire de contact provoque une modification de l'extension circonférentielle des flancs du pneumatique. Considérons le cas d'un pneumatique monté sur sa roue et gonflé sur le premier flanc duquel on repère deux points  $A_1$  et  $A_2$  placés sur un même rayon mais séparés dans la direction circonférentielle. Sur le second flanc, aux mêmes azimuts que  $A_1$  et  $A_2$  et sur le même rayon, on choisit deux points  $B_1$  et  $B_2$ . En l'absence de forces appliquées sur le pneumatique, la distance qui sépare les deux points est constante en fonction de l'angle de rotation de l'ensemble monté.



Lorsque le pneumatique est soumis à des forces, on observe les effets suivants pour chacune des composantes desdites forces :

- La composante verticale (dénommée  $F_z$  ici) plaque le pneumatique sur le sol. En créant une aire de contact, elle entraîne une variation de la distance entre les deux points  $A_1$  et  $A_2$  lorsque l'ensemble monté est en rotation, traduisant une modification de l'extension circonférentielle des flancs. Les figures 2a et 2b indiquent la distance qui sépare, respectivement les points A et les points B, en fonction de l'azimut auquel ils se trouvent. L'augmentation de la composante verticale appliquée entraîne une extension des deux flancs dans l'aire de contact (augmentation de la distance vers  $180^\circ$ ) et une contraction des autres zones du flanc, principalement en entrée et en sortie de l'aire de contact (diminution de la distance partout ailleurs, principalement vers  $135^\circ$  et  $225^\circ$ ). Il est aussi intéressant de constater qu'il existe un azimut en entrée de l'aire de contact et un azimut en sortie d'aire de contact où la valeur d'extension circonférentielle est sensiblement indépendante de la composante  $F_z$  appliquée. Soit  $\alpha_0$  tel que ces azimuts particuliers soient égaux à  $(180-\alpha_0)^\circ$  et  $(180+\alpha_0)^\circ$ .
- La composante horizontale dans la direction de roulage (dénommée  $F_x$  ici) provoque une différenciation des zones situées en entrée et en sortie de l'aire de contact. Ceci se traduit par une évolution de l'extension des flancs essentiellement en entrée et en sortie de l'aire de contact. Les figures 3a et 3b illustrent les effets de la composante  $F_x$  des forces appliquées, en indiquant la distance qui sépare, respectivement les points A et les points B, en fonction de l'azimut auquel ils se trouvent. Lorsqu'une force  $F_x$  positive est appliquée (couple moteur), les deux flancs sont comprimés dans la direction circonférentielle en entrée d'aire de contact et en extension en sortie d'aire de contact (Diminution de la distance vers  $135^\circ$  et augmentation vers  $225^\circ$ ). Lorsqu'une force  $F_x$  négative est appliquée (couple freineur), les deux flancs sont comprimés dans la direction circonférentielle en sortie d'aire de contact et en extension en entrée (Diminution de la distance vers  $225^\circ$  et augmentation vers  $135^\circ$ ).

- La composante horizontale dans la direction transverse (dénommée  $F_y$  ici) provoque principalement une différenciation des deux flancs. Les figures 4a et 4b illustrent les effets de ce type de sollicitation, en indiquant la distance qui sépare, respectivement les points A et les points B, en fonction de l'azimut auquel ils se trouvent. Dans le cas d'une sollicitation avec  $F_y$  positif, l'un des flancs est principalement mis en extension circonférentielle (augmentation de la distance entre  $A_1$  et  $A_2$ ) et l'autre flanc est mis en contraction circonférentielle (diminution de la distance entre  $B_1$  et  $B_2$ ).
- Le couple d'auto-alignement N (moment autour de l'axe vertical) n'est pas à proprement parler un autre effort agissant entre la bande de roulement du pneumatique et la chaussée. Il s'agit plutôt d'une conséquence de la façon dont les composantes  $F_x$ ,  $F_y$  et  $F_z$  sont appliquées dans l'aire de contact. Si le point d'application de la résultante ayant pour composantes  $F_x$ ,  $F_y$  et  $F_z$  n'est pas le centre de l'aire de contact, cette résultante génère un moment autour de Oz que nous appelons couple d'auto-alignement. La présence de ce moment se traduit principalement par une rotation de l'aire de contact autour de Oz. Cet effet a pour conséquence par exemple une extension circonférentielle en entrée d'aire de contact et une contraction circonférentielle en sortie d'aire de contact sur un flanc alors que sur l'autre flanc on observe une contraction circonférentielle en entrée d'aire de contact et une extension circonférentielle en sortie d'aire de contact par rapport à une situation à couple d'auto-alignement nul.

Lorsque qu'une sollicitation qui mêle des composantes  $F_x$ ,  $F_y$  et  $F_z$  est appliquée, on observe une superposition des effets énoncés précédemment sur l'extension dans la direction circonférentielle. Un des avantages de la méthode proposée est de permettre une séparation des contributions de chaque composante de la sollicitation appliquée, de manière à permettre une estimation de chacune de ces composantes.

L'approche utilisée s'appuie en partie sur des caractéristiques de parité remarquables qui correspondent aux symétries naturelles du pneu pour réaliser cette séparation.



Définissons l'azimut  $\theta$  comme l'angle auquel on analyse l'extension circonférentielle des flancs. L'origine de l'azimut est prise à l'opposé du centre de l'aire de contact. Le centre de l'aire de contact a donc l'azimut  $180^\circ$ .

- 5 Le signal d'extension en fonction de l'azimut  $s(\theta)$  peut alors se décomposer en deux signaux  $s_p(\theta)$  et  $s_i(\theta)$  tels que :

$$s(\theta) = s_p(\theta) + s_i(\theta)$$

$$s_i(180 + \theta) = -s_i(180 - \theta)$$

10  $s_p(180 + \theta) = s_p(180 - \theta)$

$s_i$  est appelé partie impaire et  $s_p$  partie paire de  $s$ .

- De même, soient  $s^1(\theta)$  et  $s^2(\theta)$  les signaux associés à la mesure de l'extension  
15 circonférentielle sur chacun des flancs du pneu. On définit :

$$s^p(\theta) = \frac{s^1(\theta) + s^2(\theta)}{2}$$

$$s^i(\theta) = \frac{s^1(\theta) - s^2(\theta)}{2}$$

- 20  $s^p$  est appelée partie paire en flanc et  $s^i$  partie impaire en flanc.

Notons que cette décomposition en parité suivant les flancs peut aussi bien s'appliquer à  $s_i$  et  $s_p$ . On obtient alors à partir d'une mesure réalisée sur chaque flanc de quatre signaux  $s_i^i$   $s_i^p$   $s_p^i$   $s_p^p$ .

25

Les efforts  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  et le couple d'auto-alignement  $N$  sont de par leurs orientations liés à certaines symétries. En particulier, on peut utiliser ce principe pour découpler les effets des composantes efforts sur le pneu.

Ainsi, d'après les observations (figures 2a, 2b, 3a, 3b, 4a et 4b) le signal :

- $s_i^p$  est majoritairement lié à la force  $F_x$ .
- $s_p^i$  est majoritairement lié à la force  $F_y$
- 5 •  $s_p^p$  est majoritairement lié à la force  $F_z$

Les symétries qui s'appliquent permettent de plus d'affirmer que le signal  $s_i^i$  est principalement lié au couple d'auto-alignement  $N$ .

- 10 Fort de ces observations, la méthode explicitée ici propose de réaliser des mesures de l'extension circonférentielle sur au moins un flanc du pneumatique. Ces mesures permettent grâce à des opérations mathématiques (combinaisons linéaires ou non entre les mesures réalisées aux différents azimuts) d'estimer les valeurs des signaux  $s_i^p$   $s_p^i$   $s_p^p$  et  $s_i^i$  en certains azimuts et par là même de fournir une évaluation des composantes de la
- 15 force appliquée.

Dans le but d'éclairer la démarche, on présente ici quelques exemples d'utilisation de la méthode qui ne sont pas exhaustifs et ne limitent en rien les configurations utilisables à celles listées ici.

20

Considérons le cas où les mesures sont réalisées sur un flanc uniquement.

#### Exemple 1 :

- 25 On souhaite estimer les composantes des efforts appliqués dans l'aire de contact et le couple d'auto-alignement à partir de mesures de l'extension circonférentielle d'un flanc du pneumatique mesurée en trois azimuts. Les azimuts de mesure sont choisis de la manière suivante :
- 30 • Un des azimuts correspond au milieu de l'aire de contact (azimut  $180^\circ$ ). Soit  $V_c$  la valeur mesurée à ce point. L'azimut qui correspond à l'opposé de l'aire de contact est utilisable de manière équivalente.



- Les deux autres azimuts sont symétriques par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact. ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ). Soient  $V_1$  et  $V_2$  les valeurs mesurées en ces points.
- 5 D'après les observations précédentes :
- $V_2 - V_1$  permet d'estimer le déséquilibre entre l'entrée d'aire de contact et la sortie. Cette valeur sera principalement liée à la composante  $F_x$ . Une estimation de  $F_x$  est donnée par  $f_x(r_2 V_2 - r_1 V_1)$  où  $r_1$  et  $r_2$  sont des coefficients réels positifs et  $f_x$  une fonction continue monotone.
  - 10 •  $V_c - (V_1 + V_2)$  permet d'estimer la différence entre le passage dans l'aire de contact et l'extérieur de l'aire de contact. Le résultat est ici principalement lié à  $F_z$ . Une estimation de  $F_z$  est donnée par  $f_z(s_c V_c - (s_1 V_1 + s_2 V_2))$  où  $s_1$ ,  $s_2$  et  $s_c$  sont des coefficients réels positifs et  $f_z$  une fonction continue monotone.
  - 15 •  $V_c + V_1 + V_2$  donne une indication sur l'extension globale du flanc. Cette valeur sera principalement liée à la composante  $F_y$  de la force appliquée. Une estimation de  $F_y$  est donnée par  $f_y(u_c V_c + u_1 V_1 + u_2 V_2)$  où  $u_1$ ,  $u_2$  et  $u_c$  sont des coefficients réels positifs et  $f_y$  une fonction continue monotone.
  - 20 Dans cet exemple, on estime quatre composantes ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  et  $N$ ) à partir de trois mesures d'extension circonférentielle. En effet, il existe des cas où le couple d'auto-alignement est directement et uniquement dépendant des composantes  $F_x$ ,  $F_y$  et  $F_z$ . On peut alors l'estimer aussi. Dans le cas où le couple d'auto-alignement dépend d'autres paramètres, il est nécessaire de mesurer l'extension circonférentielle des flancs en un
  - 25 nombre plus important d'azimuts.

### Exemple 2 :

On souhaite estimer les composantes des efforts appliqués dans l'aire de contact et le couple d'auto-alignement à partir de mesures de l'extension circonférentielle d'un flanc

30

du pneumatique mesurée en cinq azimuts. Les azimuts de mesure sont choisis de la manière suivante :

- Un des azimuts correspond au milieu de l'aire de contact (azimut  $180^\circ$ ). Soit  $V_c$  la valeur mesurée à ce point.
- Deux autres azimuts sont symétriques par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact. ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ). Soient  $V_1$  et  $V_2$  les valeurs mesurées en ces points.
- Les deux derniers azimuts sont symétriques par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact. ( $180^\circ + \beta^\circ$  et  $180^\circ - \beta^\circ$ ). Soient  $V_3$  et  $V_4$  les valeurs mesurées en ces points.

Des combinaisons de même nature mais un peu plus complexes que celles exposées dans l'exemple 1 permettent dans ce cas de déterminer les composantes  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  et  $N_y$  compris dans les cas où le couple d'auto-alignement n'est pas uniquement dépendant des composantes  $F_x$ ,  $F_y$  et  $F_z$ .

Considérons maintenant le cas où les mesures sont réalisées sur les deux flancs.

### Exemple 3 :

- On souhaite estimer les composantes des efforts appliqués dans l'aire de contact et le couple d'auto-alignement à partir de mesures de l'extension circonférentielle des deux flancs du pneumatique mesurée en deux azimuts sur chaque flanc. Les azimuts de mesure sont choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ).  $\alpha$  doit être différent de  $\alpha_0$  pour pouvoir estimer  $F_z$ .
- Soient  $V_1^1$  et  $V_2^1$  les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier flanc, et  $V_1^2$  et  $V_2^2$  les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second flanc.

Grâce à ces quatre valeurs, il est possible de déterminer les composantes en utilisant la décomposition suivant les parités en azimut et en flanc :



- $V_1^1 + V_1^2 + V_2^1 + V_2^2$  donne la composante paire en azimuth et en flanc. Cette combinaison est donc directement liée à  $F_z$ . Une estimation de  $F_z$  est donnée par  $f_z(a_1 V_1^1 + a_2 V_2^1 + b_1 V_1^2 + b_2 V_2^2)$  où  $a_1, a_2, b_1$  et  $b_2$  sont des réels positifs et  $f_z$  une fonction continue monotone.
- 5 •  $V_1^1 + V_1^2 - (V_2^1 + V_2^2)$  donne la composante impaire en azimuth et paire en flanc. Cette combinaison est donc directement liée à  $F_x$ . Une estimation de  $F_x$  est donnée par  $f_x(c_1 V_1^1 - c_2 V_2^1 + d_1 V_1^2 - d_2 V_2^2)$  où  $c_1, c_2, d_1$  et  $d_2$  sont des réels positifs et  $f_x$  une fonction continue monotone.
- 10 •  $V_1^1 - V_1^2 + (V_2^1 - V_2^2)$  donne la composante paire en azimuth et impaire en flanc. Cette combinaison est donc directement liée à  $F_y$ . Une estimation de  $F_y$  est donnée par  $f_y(e_1 V_1^1 + e_2 V_2^1 - f_1 V_1^2 - f_2 V_2^2)$  où  $e_1, e_2, f_1$  et  $f_2$  sont des réels positifs et  $f_y$  une fonction continue monotone.
- 15 •  $V_1^1 - V_1^2 - (V_2^1 - V_2^2)$  donne la composante impaire en azimuth et impaire en flanc. Cette combinaison est donc directement liée à  $N$ . Une estimation de  $N$  est donnée par  $f_n(g_1 V_1^1 - g_2 V_2^1 - h_1 V_1^2 + h_2 V_2^2)$  où  $g_1, g_2, h_1$  et  $h_2$  sont des réels positifs et  $f_n$  une fonction continue monotone.

Par ce type de disposition, on utilise au maximum les symétries du pneumatique et pouvons espérer une très bonne précision de la reconstruction des composantes de la sollicitation appliquée dans l'aire de contact.

#### Exemple 4 :

On souhaite estimer les composantes des efforts appliqués dans l'aire de contact et le couple d'auto-alignement à partir de mesures de l'extension circonférentielle des deux flancs du pneumatique mesurée en trois azimuths sur chaque flanc. Les azimuths de mesure sont choisis de la manière suivante :

- Deux azimuths choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ). Soient  $V_1^1$  et  $V_2^1$  les valeurs mesurées à ces



azimuts sur le premier flanc, et  $V_1^2$  et  $V_2^2$  les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second flanc

- Un azimut correspondant au centre de l'aire de contact. Soient  $V_c^1$  et  $V_c^2$  les valeurs mesurées à ces azimuts.

5

Le traitement est similaire à celui de l'exemple 3. Les valeurs  $V_c^1$  et  $V_c^2$  permettent une certaine redondance de l'information mais surtout une meilleure estimation de la composante  $F_z$ .

- 10 Dans le cas où  $\alpha$  est pris égal à  $\alpha_0$ , on obtient l'information sur  $F_z$  grâce à  $V_c^1$  et  $V_c^2$  et l'information sur  $F_x$ ,  $F_y$  et  $N$  par  $V_1^1$ ,  $V_1^2$ ,  $V_2^1$  et  $V_2^2$ . On utilise ainsi une possibilité supplémentaire de découplage des différentes contributions.

- 15 Les combinaisons linéaires prises en exemple ci-dessus sont très rudimentaires et permettent uniquement de prendre en compte les effets principaux. Dans le but d'affiner les estimations des composantes des efforts et de prendre en compte le fonctionnement non linéaire du pneu, la méthode décrite fait appel à des fonctions de transfert plus évoluées pour relier les mesures aux estimations des efforts. Toute fonction d'interpolation permettant d'établir un lien entre les grandeurs mesurées et les valeurs  
20 des composantes de la sollicitation appliquée peut être utilisée dans ce cadre.

- Bien que tous les exemples listés ici utilisent des azimuts de mesure choisis pour tirer parti au mieux des symétries du pneu et faciliter la reconstruction, le choix de la position de azimuts auxquels les valeurs sont mesurées est libre (la symétrie des azimuts  
25 n'est pas en soi obligatoire) car toute combinaison d'un nombre suffisant de mesures permet une estimation des composantes de la sollicitation appliquée. Il est possible, dans ce cas de rechercher directement les fonctions donnant les composantes  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  et  $N$  en fonction des mesures d'extension circonférentielle du ou des flancs en des azimuts connus. La détermination des fonctions de transfert n'est plus nécessairement  
30 basée sur l'analyse de la mécanique du pneumatique mais sur la réponse du pneumatique en terme d'extension circonférentielle du ou des flancs aux efforts qu'il subit.

Que les azimuts de mesure soient choisis grâce à une analyse physique ou décidés de manière plus arbitraire, les réseaux de neurones semblent bien adaptés pour établir une fonction de transfert entre les mesures réalisées et les composantes des efforts  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$  et  $N$ . Parmi les schémas les plus simples applicables, on peut retenir l'utilisation de réseaux à une couche de neurones cachés et une couche de neurones de sortie. Ces neurones cachés utilisent une fonction de transfert sigmoïde. Les neurones de sortie utilisent quant à eux une fonction de transfert linéaire (figure 5). La propriété de parcimonie de ce type de réseau employé comme approximateur est ici très intéressante. Il est possible d'utiliser un réseau par composante à estimer ou un réseau permettant grâce à plusieurs sorties d'estimer toutes les composantes.

Si les azimuts de mesure ont été choisis de manière à tirer parti des symétries ou de remarques physiques, il peut être intéressant de réaliser des combinaisons linéaires entre les grandeurs avant l'entrée dans le réseau. Dans ce cas, une analyse en composantes principales permettra de déterminer de façon judicieuse les coefficients de ces combinaisons et simplifiera le réseau de neurones nécessaire. On obtient l'architecture décrite sur la figure 6.

Concrètement, on opère de la façon suivante :

- La première étape consiste après avoir déterminé les azimuts de mesure à recueillir les valeurs de l'extension circonférentielle du ou des flancs lors de sollicitations variées du pneumatique choisies de façon à couvrir tout le domaine dans lequel l'évaluation des efforts sera permise en utilisation normale. Les sollicitations choisies doivent aussi mettre en œuvre tous les couplages susceptibles d'être rencontrés lors d'une utilisation normale. L'ensemble de valeurs mesurées et des efforts associés (obtenus par un autre moyen de mesure) constitue la base d'apprentissage.
- La seconde étape consiste à réaliser l'apprentissage des poids du réseau sur la base ainsi constituée. A l'issue de cette phase, on dispose des fonctions de transfert.

- Une troisième étape consiste à tester les fonctions de transfert en confrontant les estimations des composantes d'effort aux efforts indiqués par un autre moyen de mesure.

5 Outre les réseaux de neurones, il est possible d'employer par exemple des fonctions polynomiales.

Naturellement, bien d'autres variables (en plus des mesures d'extension circonférentielle) peuvent être prises en compte selon le même principe pour améliorer  
10 l'efficacité de cette détermination (par exemple, la pression ou la température du pneumatique).

De manière générale, le nombre de points de mesure peut être plus important que les configurations minimales présentées dans les exemples et permettre un résultat plus  
15 précis ou plus sûr du fait de la redondance des informations disponibles.

La mesure de l'extension circonférentielle du ou des flancs du pneumatique peut se faire de n'importe quelle manière, par un dispositif externe ou un dispositif interne au pneu. A titre d'exemple, on décrit ici pour réaliser la mesure de l'extension circonférentielle  
20 l'utilisation d'un ou de capteurs placés dans le pneu et donc entraînés en rotation par le pneu.

Ce ou ces capteurs intégrés au pneu et mesurant localement l'extension circonférentielle du ou des flancs peuvent faire appel à n'importe quel principe physique de mesure. Il  
25 peut par exemple s'agir de capteurs diélectriques mesurant une variation de capacité liée à la distance qui sépare deux électrodes. Les électrodes peuvent être constituées d'un fil conducteur placé de manière radiale dans le flanc. Cette disposition permet une mesure de « l'écart fils » par mesure de la capacité entre les électrodes. S'il est actif, le capteur peut être alimenté soit par le véhicule par téléalimentation soit par une batterie  
30 embarquée sur la roue ou dans le pneu ou par tout autre moyen. Tout est aussi possible en ce qui concerne la transmission de l'information vers le véhicule, par voie radio ou autre. Le capteur en lui même doit pouvoir fournir une information en continu ou avec

une fréquence de rafraîchissement suffisamment rapide par rapport à la période de rotation de la roue.

5 Cette approche utilisant un capteur intégré au pneu a l'avantage de permettre une connaissance de l'extension circonférentielle du ou des flancs à tous les azimuts du pneumatique puisque un capteur, entraîné par le pneu, explore l'ensemble des azimuts lors d'une rotation de la roue.

10 La méthode de reconstruction des composantes des efforts étant basée sur la mesure de l'extension circonférentielle à certains azimuts, se pose le problème de la localisation du capteur pour extraire les valeurs aux bons azimuts.

Le capteur est interrogé à une fréquence constante et connue. Il délivre donc un signal temporel de la variation de l'extension circonférentielle locale. Un signal mesuré est  
15 présenté en figure 7. Sur ce signal temporel, On reconnaît aisément la signature d'un tour de roue que l'on a observée précédemment (figures 1a, 1b, 2a, 2b 3a et 3b). Outre la signature de chaque tour de roue, ce signal est bruité. La première opération consiste à réduire ce bruit en appliquant un filtre passe bas dont la fréquence de coupure peut être liée à la vitesse de rotation de la roue.

20

Plusieurs cas de figure peuvent alors se présenter suivant les équipements disponibles :

- Si l'on dispose d'une mesure de la position angulaire de la roue, il est possible de connaître les instants auxquels le capteur passe à l'azimut de mesure. La lecture des  
25 valeurs mesurées à ces instants fournit la valeur de l'extension circonférentielle aux azimuts désirés. Cette mesure de la position angulaire de la roue peut, par exemple être obtenue par un comptage des transitions d'un capteur ABS de vitesse de rotation de la roue.
- Si aucun dispositif externe n'est disponible pour faciliter la localisation du capteur,  
30 on ne peut utiliser que le signal du capteur lui-même. L'invention propose d'utiliser le signal du capteur pour estimer la position angulaire de la roue.

Chaque passage du capteur dans l'aire de contact a pour signature une très forte extension circonférentielle des flancs du pneumatique. En utilisant cette observation, il est possible de trouver les instants où le capteur passe au centre de l'aire de contact. La méthode la plus simple pour réaliser cette opération consiste à réaliser un seuillage du signal filtré et à rechercher les maxima parmi les valeurs supérieures à ce seuil (figure 8). Cette approche permet de ne pas détecter les maxima qui ne correspondent pas au passage dans l'aire de contact.

A chaque détermination d'un nouveau passage dans l'aire de contact, la connaissance des instants des derniers passages (au moins 3 passages) permet d'estimer la vitesse de rotation de la roue et son accélération. Grâce à ces estimations, il est possible de reconstruire une évaluation de l'azimut auquel le capteur se trouve en fonction du temps. Il devient alors possible d'extraire des mesures en fonction du temps les valeurs à certains azimuts.

Plusieurs possibilités s'offrent alors pour la mise en œuvre de la mesure. En effet, la détermination des composantes des efforts nécessite des mesures à plusieurs azimuts.

- Une première approche consiste à n'utiliser qu'un capteur sur chaque flanc pour lequel on souhaite avoir des mesures. A chaque passage à une position requise, la valeur donnée par le capteur est prise en compte pour rafraîchir la mesure à l'azimut considéré. En faisant l'hypothèse que les composantes des efforts varient lentement par rapport à la vitesse de rotation de la roue, un seul capteur permet ainsi d'obtenir les mesures à tous les azimuts nécessaires à la reconstruction des efforts. La figure 9 présente ce type de fonctionnement avec un modèle (fonction de transfert) qui nécessite des mesures à trois azimuts ( $0^\circ$ ,  $120^\circ$  et  $240^\circ$ ).

- Une seconde approche consiste à disposer plusieurs capteurs sur la circonférence de façon à ce qu'au moins une fois par tour les capteurs se trouvent simultanément aux azimuts auxquels on désire réaliser une mesure. Il est ainsi possible d'obtenir une image de la déformation du pneu en différents azimuts à un instant donné ce qui ne nécessite plus que les efforts varient lentement par rapport à la rotation de la roue. Une variante de cette approche consiste à disposer les capteurs de manière équi-

répartie autour du pneu. Ainsi, dans le cas où l'on a placé  $N$  capteurs, la situation où les capteurs sont bien positionnés se produit au moins  $N$  fois par tour. La figure 10 présente ce type de fonctionnement avec trois capteurs qui tombent trois fois par tour sur les azimuts où la mesure doit être réalisée ( $0^\circ$ ,  $120^\circ$  et  $240^\circ$ ).

- 5 • Enfin, il est possible de mixer les approches précédentes.

L'augmentation du nombre de capteurs permet en particulier :

- 10 • d'augmenter la fréquence de rafraîchissement de l'estimation des efforts,  
• d'augmenter la robustesse vis à vis des variations rapides des composantes des efforts appliqués dans l'aire de contact.

Notons que plusieurs modèles peuvent être déterminés qui prennent en entrée les mesures à des azimuts différents. Même avec un unique capteur, il est ainsi possible  
15 d'obtenir plusieurs estimations à chaque tour de roue. La figure 11 donne un exemple dans lequel trois capteurs sont utilisés. Deux fonctions de transfert sont déterminées. La première utilise des mesures à  $0^\circ$ ,  $120^\circ$  et  $240^\circ$ , la seconde à  $60^\circ$ ,  $180^\circ$  et  $300^\circ$ . Lorsque les capteurs tombent sur les positions de mesures désirées, la fonction de transfert peut être appliquée. En gérant convenablement les capteurs, il est même possible dans ce  
20 type de disposition de réaliser une estimation des efforts 6 fois par tour de roue. Ces estimations par plusieurs modèles peuvent être moyennées ou confrontées pour augmenter la précision et diminuer le bruit dans l'estimation des efforts.

## REVENDICATIONS

- 5 1. Méthode de détermination d'au moins une des caractéristiques choisies parmi les trois composantes d'une résultante d'efforts exercés par la chaussée sur l'aire de contact d'un pneumatique et le couple d'auto-alignement généré par le pneu, caractérisée en ce que ladite caractéristique est déduite d'au moins deux mesures d'extension ou de contraction circonférentielle dans au moins un flanc du
- 10 pneumatique en deux points fixes dans l'espace, situés à des azimuts différents le long de la circonférence.
2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'on utilise au moins trois points fixes dans l'espace définis tels que :
- 15
- un des points corresponde à l'azimut du centre de l'aire de contact ou l'azimut du point opposé à l'aire de contact ;
  - les deux autres points soient symétriques par rapport à un plan vertical passant par le centre de l'aire de contact.
- 20 3. Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'on estime la contraction ou l'extension circonférentielle des flancs par la mesure de la distance entre les fils de la nappe carcasse dans les flancs.
4. Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'on estime la
- 25 contraction ou l'extension circonférentielle des flancs par la mesure de la distance entre les fils formant un capteur mesurant une variation de capacité liée à la distance qui sépare deux électrodes.
5. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis
- 30 de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact,  $V_1^1$  et  $V_2^1$  étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier flanc, et  $V_1^2$  et  $V_2^2$

### REVENDEICATIONS

- 5 1. Méthode de détermination d'au moins une des caractéristiques choisies parmi les trois composantes d'une résultante d'efforts exercés par la chaussée sur l'aire de contact d'un pneumatique et le couple d'auto-alignement généré par le pneu, caractérisée en ce que ladite caractéristique est déduite d'au moins deux mesures d'extension ou de contraction circonférentielle dans au moins un flanc du  
10 pneumatique en deux points fixes dans l'espace, situés à des azimuts différents le long de la circonférence.
2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'on utilise au moins trois points fixes dans l'espace définis tels que :  
15
  - un des points corresponde à l'azimut du centre de l'aire de contact ou l'azimut du point opposé à l'aire de contact ;
  - les deux autres points soient symétriques par rapport à un plan vertical passant par le centre de l'aire de contact.
- 20 3. Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'on estime la contraction ou l'extension circonférentielle des flancs par la mesure de la distance entre les fils de la nappe carcasse dans les flancs.
4. Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'on estime la  
25 contraction ou l'extension circonférentielle des flancs par la mesure de la distance entre les fils formant un capteur mesurant une variation de capacité liée à la distance qui sépare deux électrodes.
5. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis  
30 de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact,  $V_1^1$  et  $V_2^1$  étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier flanc, et  $V_1^2$  et  $V_2^2$



les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second flanc,  $f_z(a_1V_1^1+a_2V_2^1+b_1V_1^2+b_2V_2^2)$  où  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$  et  $b_2$  sont des coefficients réels positifs et  $f_z$  une fonction continue monotone est une estimation de la composante  $F_z$ .

5 6. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ+\alpha^\circ$  et  $180^\circ-\alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact,  $V_1^1$  et  $V_2^1$  étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier flanc, et  $V_1^2$  et  $V_2^2$  les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second flanc,  $f_x(c_1V_1^1-c_2V_2^1+d_1V_1^2-d_2V_2^2)$  où  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $d_1$  et  $d_2$  sont des coefficients réels positifs et  $f_x$  une fonction continue monotone, est une estimation de la composante  $F_x$ .

7. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ+\alpha^\circ$  et  $180^\circ-\alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact,  $V_1^1$  et  $V_2^1$  étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier flanc, et  $V_1^2$  et  $V_2^2$  les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second flanc,  $f_y(e_1V_1^1+e_2V_2^1-f_1V_1^2-f_2V_2^2)$  où  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $f_1$  et  $f_2$  sont des coefficients réels positifs et  $f_y$  une fonction continue monotone est une estimation de la composante  $F_y$  de la force appliquée.

8. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ+\alpha^\circ$  et  $180^\circ-\alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact,  $V_1^1$  et  $V_2^1$  étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier flanc, et  $V_1^2$  et  $V_2^2$  les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second flanc,  $f_n(g_1V_1^1-g_2V_2^1-h_1V_1^2+h_2V_2^2)$  où  $g_1$ ,  $g_2$ ,  $h_1$  et  $h_2$  sont des coefficients réels positifs et  $f_n$  une fonction continue monotone est une estimation du couple d'auto-alignement  $N$ .

9. Méthode selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle on utilise au moins trois mesures d'extension ou de contraction circonférentielle dans un seul flanc du pneumatique.

les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second flanc,  $f_z(a_1 V_1^1 + a_2 V_2^1 + b_1 V_1^2 + b_2 V_2^2)$  où  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$  et  $b_2$  sont des coefficients réels positifs et  $f_z$  une fonction continue monotone est une estimation de la composante  $F_z$ .

- 5 6. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact,  $V_1^1$  et  $V_2^1$  étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier flanc, et  $V_1^2$  et  $V_2^2$  les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second flanc,  $f_x(c_1 V_1^1 - c_2 V_2^1 + d_1 V_1^2 - d_2 V_2^2)$  où  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $d_1$  et  $d_2$  sont des coefficients réels positifs et  $f_x$  une fonction continue monotone, est une estimation de la composante  $F_x$ .
- 10 7. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact,  $V_1^1$  et  $V_2^1$  étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier flanc, et  $V_1^2$  et  $V_2^2$  les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second flanc,  $f_y(e_1 V_1^1 + e_2 V_2^1 - f_1 V_1^2 - f_2 V_2^2)$  où  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $f_1$  et  $f_2$  sont des coefficients réels positifs et  $f_y$  une fonction continue monotone est une estimation de la composante  $F_y$  de la force appliquée.
- 15 20 8. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact,  $V_1^1$  et  $V_2^1$  étant les valeurs mesurées à ces azimuts sur le premier flanc, et  $V_1^2$  et  $V_2^2$  les valeurs mesurées à ces azimuts sur le second flanc,  $f_n(g_1 V_1^1 - g_2 V_2^1 - h_1 V_1^2 + h_2 V_2^2)$  où  $g_1$ ,  $g_2$ ,  $h_1$  et  $h_2$  sont des coefficients réels positifs et  $f_n$  une fonction continue monotone est une estimation du couple d'auto-alignement  $N$ .
- 25 9. Méthode selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle on utilise au moins trois mesures d'extension ou de contraction circonférentielle dans un seul flanc du pneumatique.
- 30

10. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact, et  $V_1$  et  $V_2$  étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts,  $f_x(r_2 V_2 - r_1 V_1)$  où  $r_1$  et  $r_2$  sont des coefficients réels positifs et  $f_x$  une fonction continue monotone est une estimation de  $F_x$ .
11. Méthode selon la revendication 2 dans laquelle, un des azimuts correspondant au milieu de l'aire de contact (azimut  $180^\circ$ ) et  $V_c$  la valeur mesurée à cet azimut, les autres azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact, et  $V_1$  et  $V_2$  étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts,  $f_z(s_c V_c - (s_1 V_1 + s_2 V_2))$  où  $s_1$ ,  $s_2$  et  $s_c$  sont des coefficients réels positifs et  $f_z$  une fonction continue monotone est une estimation de  $F_z$ .
12. Méthode selon la revendication 2 dans laquelle, un des azimuts correspondant au milieu de l'aire de contact (azimut  $180^\circ$ ) et  $V_c$  la valeur mesurée à cet azimut, les autres azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact, et  $V_1$  et  $V_2$  étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts,  $f_y(u_c V_c + u_1 V_1 + u_2 V_2)$  où  $u_1$ ,  $u_2$  et  $u_c$  sont des coefficients réels positifs et  $f_y$  une fonction continue monotone est une estimation de  $F_y$ .
13. Méthode de détermination d'au moins une des caractéristiques choisies parmi les trois composantes d'une résultante d'efforts exercés par la chaussée sur l'aire de contact d'un pneumatique et le couple d'auto-alignement généré par le pneu, comprenant les étapes suivantes :
- déterminer les azimuts de mesure et recueillir les valeurs de l'extension circonférentielle du ou des flancs lors de sollicitations variées du pneumatique choisies de façon à couvrir tout le domaine dans lequel l'évaluation des efforts sera permise en utilisation normale, les sollicitations choisies provoquant tous les couplages susceptibles d'être rencontrés lors d'une utilisation normale,



10. Méthode selon la revendication 1 dans laquelle, les azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact, et  $V_1$  et  $V_2$  étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts,  $f_x(r_2 V_2 - r_1 V_1)$  où  $r_1$  et  $r_2$  sont des coefficients réels positifs et  $f_x$  une fonction continue monotone est une estimation de  $F_x$ .
11. Méthode selon la revendication 2 dans laquelle, un des azimuts correspondant au milieu de l'aire de contact (azimut  $180^\circ$ ) et  $V_c$  la valeur mesurée à cet azimut, les autres azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact, et  $V_1$  et  $V_2$  étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts,  $f_z(s_c V_c - (s_1 V_1 + s_2 V_2))$  où  $s_1$ ,  $s_2$  et  $s_c$  sont des coefficients réels positifs et  $f_z$  une fonction continue monotone est une estimation de  $F_z$ .
12. Méthode selon la revendication 2 dans laquelle, un des azimuts correspondant au milieu de l'aire de contact (azimut  $180^\circ$ ) et  $V_c$  la valeur mesurée à cet azimut, les autres azimuts de mesure étant choisis de façon symétrique par rapport à l'azimut du centre de l'aire de contact ( $180^\circ + \alpha^\circ$  et  $180^\circ - \alpha^\circ$ ), avec  $\alpha$  différent de  $\alpha_0$ , où  $\alpha_0$  est l'azimut en entrée de l'aire de contact, et  $V_1$  et  $V_2$  étant les valeurs mesurées en ces autres azimuts,  $f_y(u_c V_c + u_1 V_1 + u_2 V_2)$  où  $u_1$ ,  $u_2$  et  $u_c$  sont des coefficients réels positifs et  $f_y$  une fonction continue monotone est une estimation de  $F_y$ .

- relever des valeurs mesurées et des efforts associés (obtenus par un autre moyen de mesure) pour constituer une base d'apprentissage,
  - réaliser l'apprentissage des poids du réseau sur la base ainsi constituée, et ainsi obtenir des fonctions de transfert,
- 5      • tester les fonctions de transfert en confrontant les estimations des composantes d'effort aux efforts indiqués par un autre moyen de mesure.

14. Méthode de détermination selon la revendication 13, utilisée pour déterminer les coefficients de l'une des méthodes selon les revendications 5 à 8 et 10 à 12.

10

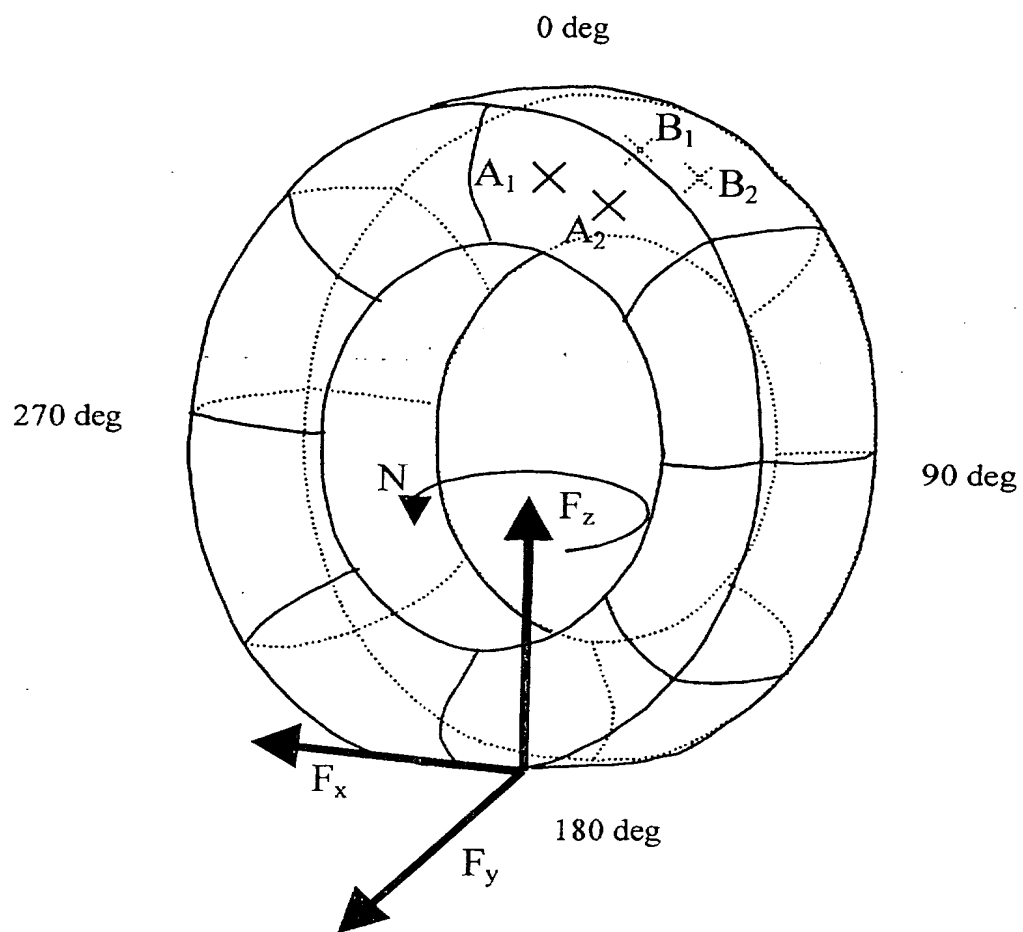


Figure 1

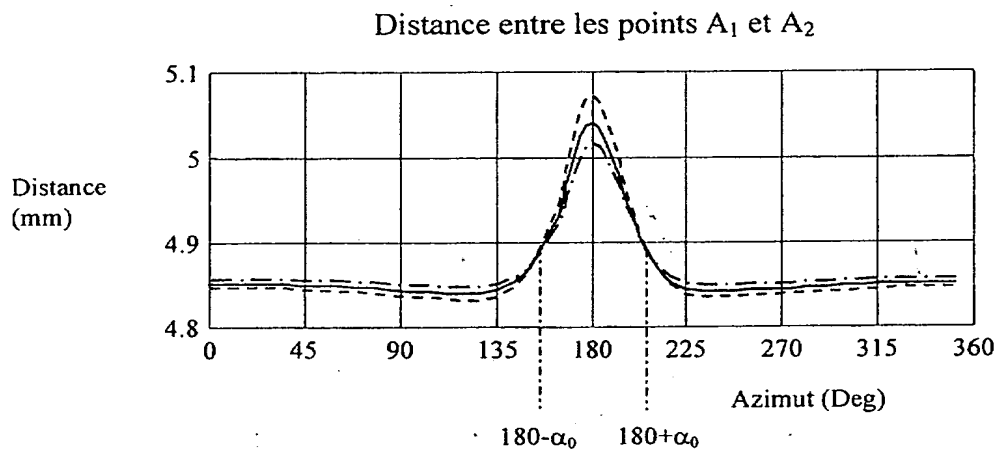


Figure 2a

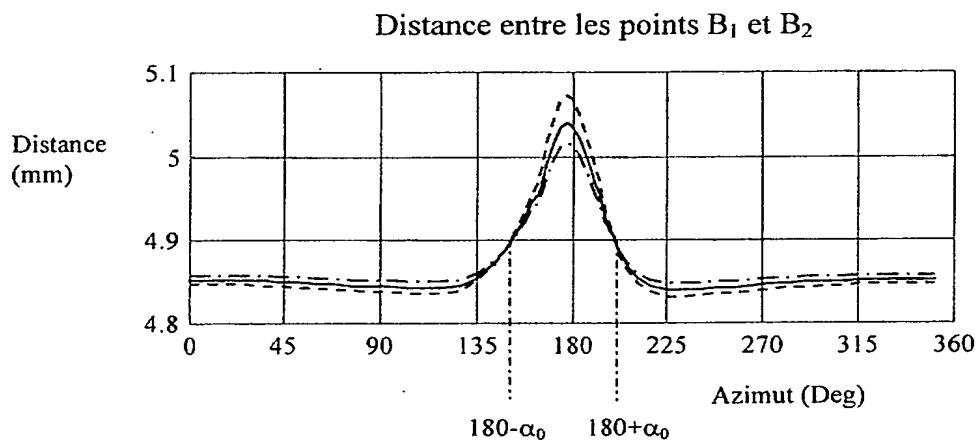
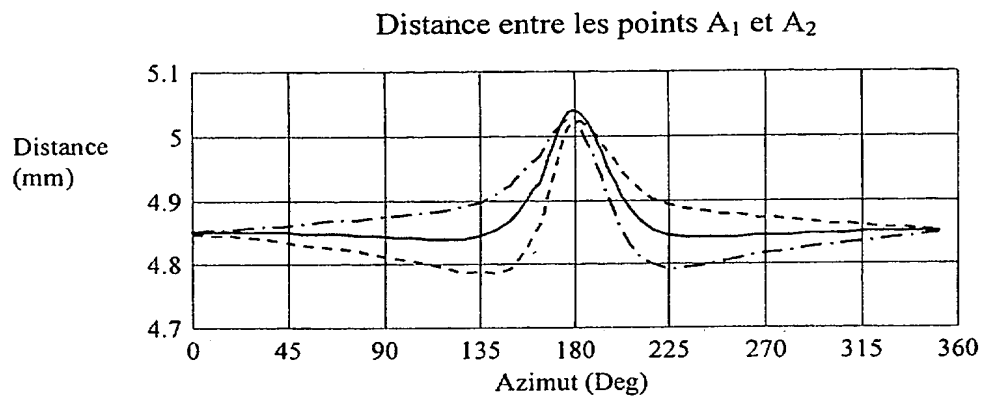
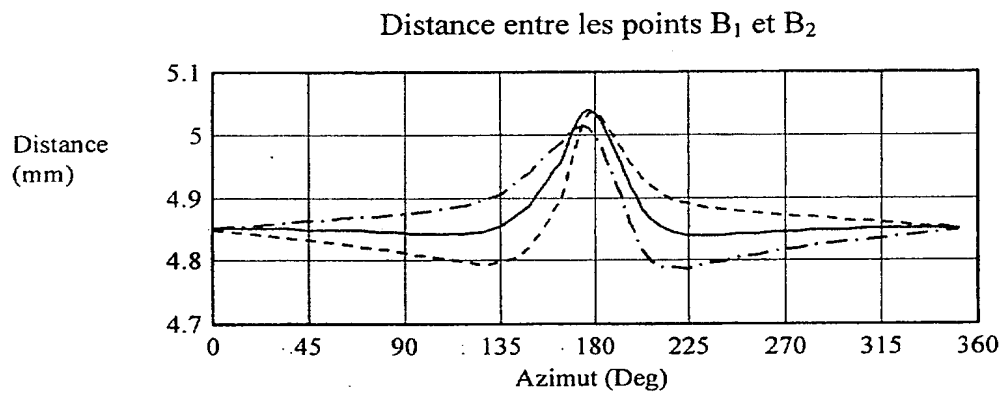


Figure 2b

**Figure 3a****Figure 3b**



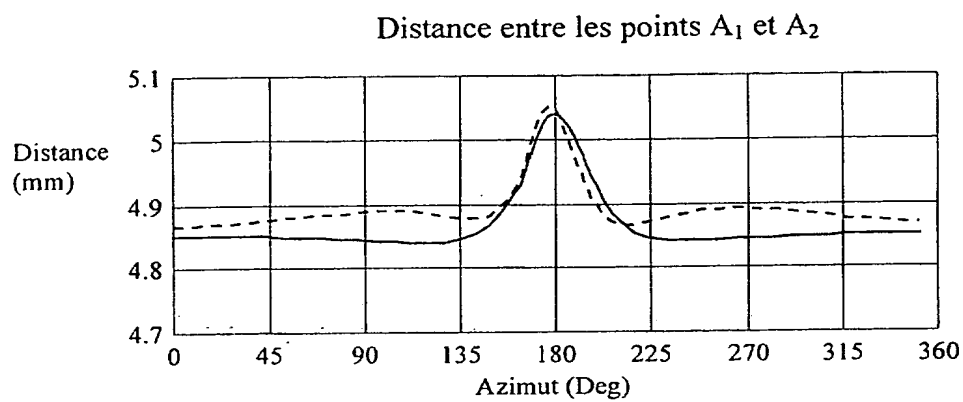


Figure 4a

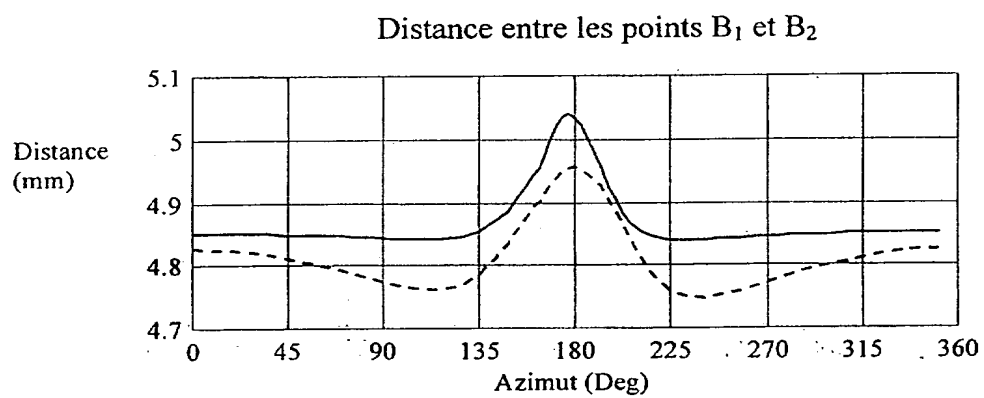


Figure 4b

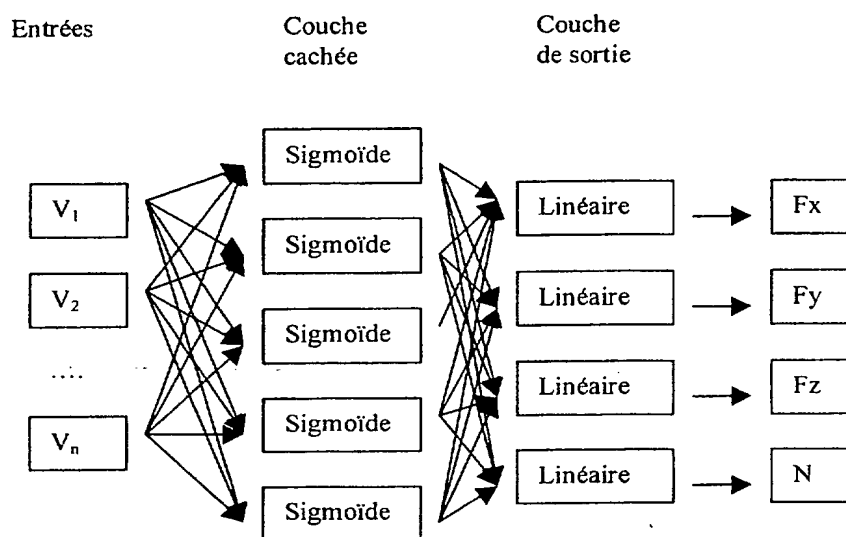


Figure 5

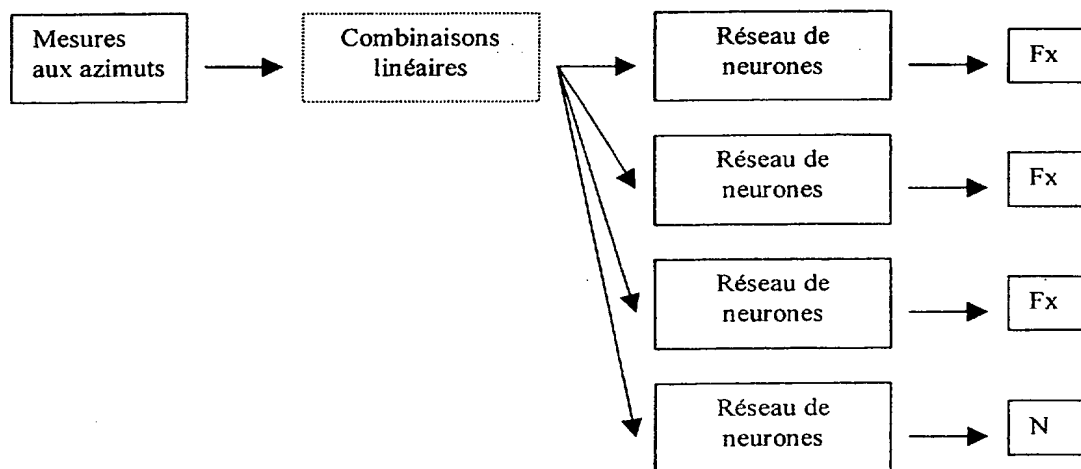
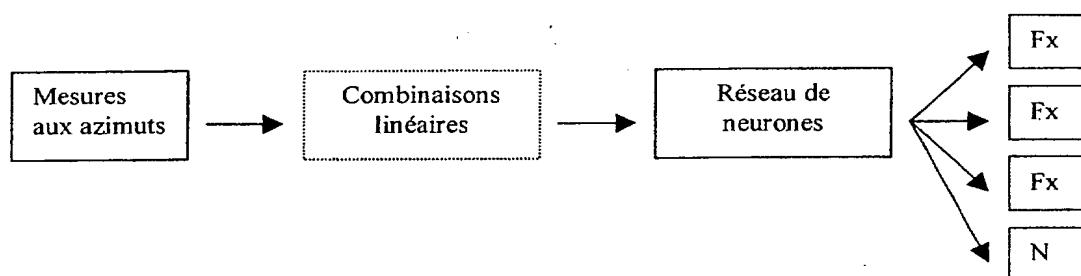
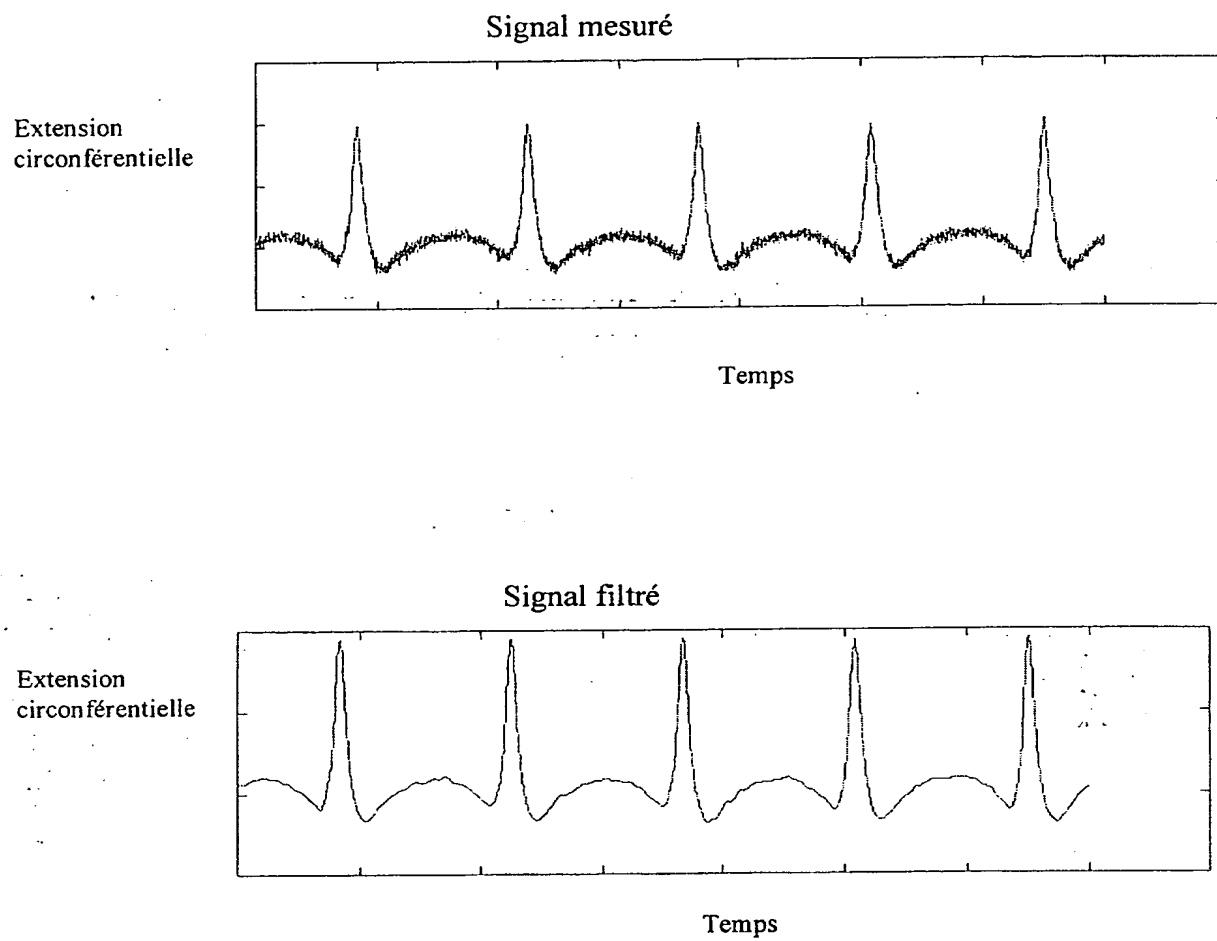
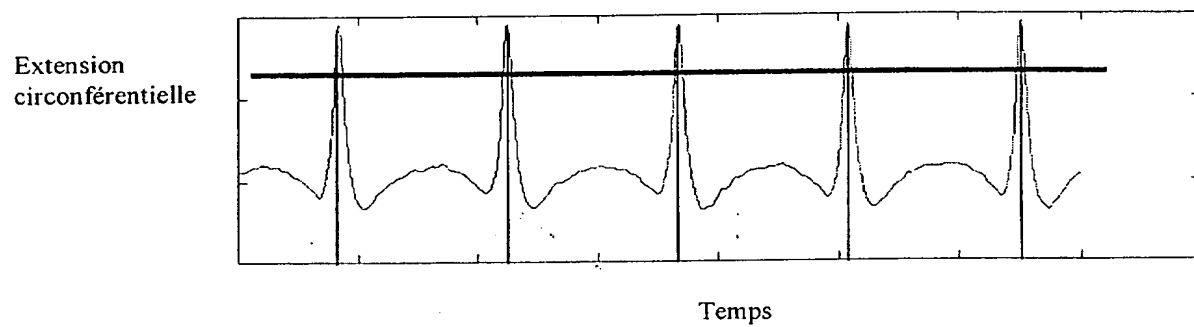


Figure 6

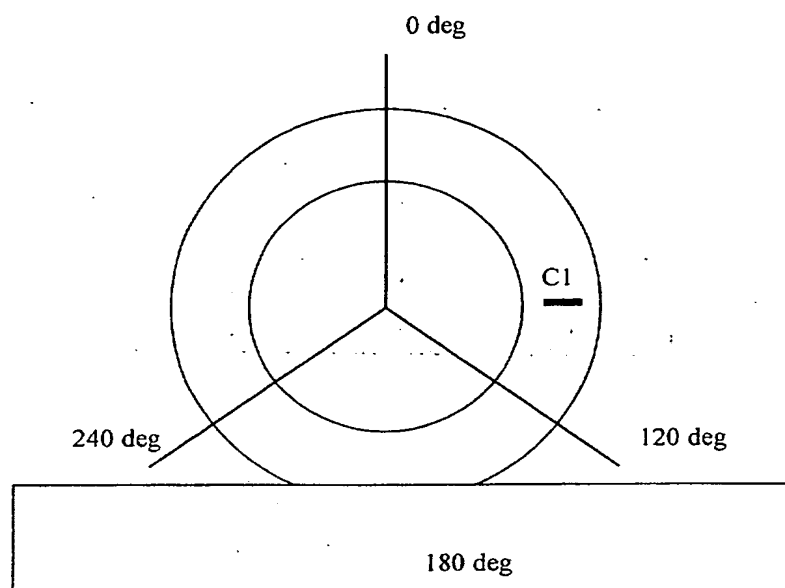
**Figure 7**



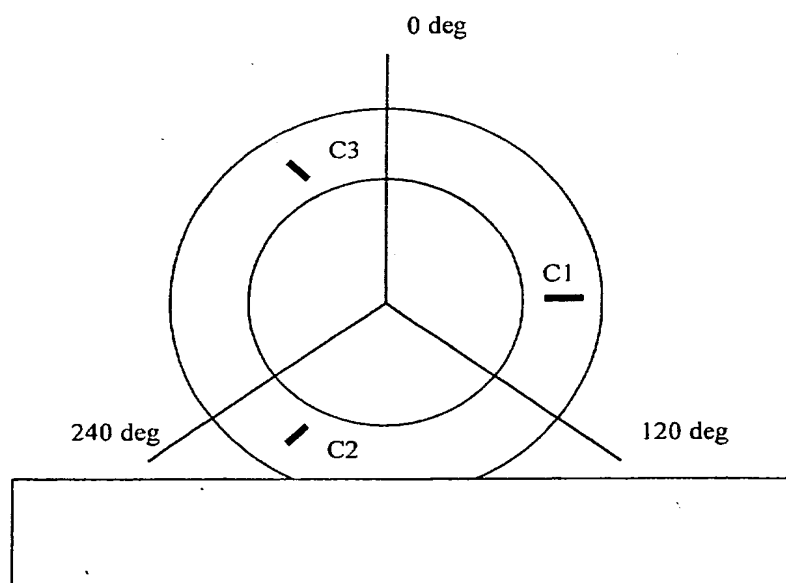
### Principe du seuillage



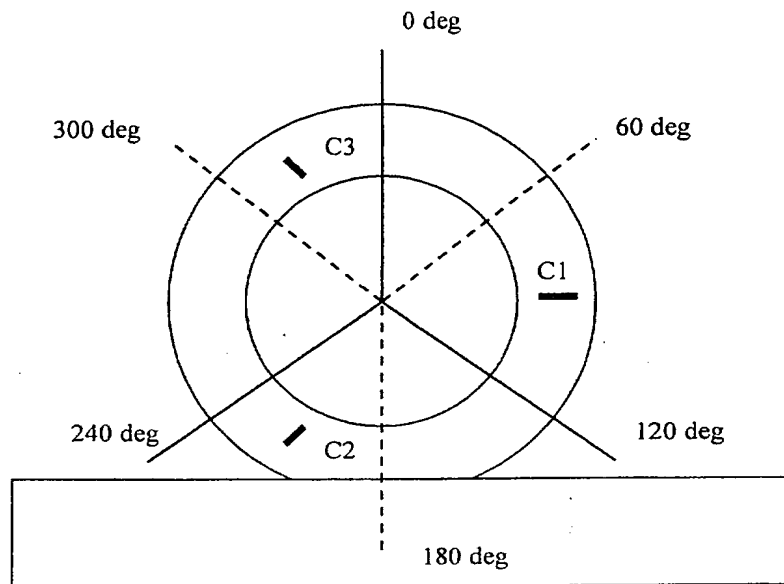
**Figure 8**



**Figure 9**



**Figure 10**

**Figure 11**